

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-118700

(43)Date of publication of application : 27.04.2001

(51)Int.Cl.

H05H 1/46
C23C 16/505
H01L 21/3065
H03H 7/40

(21)Application number : 11-294527

(71)Applicant : TOKYO ELECTRON LTD
TOKYO HY-POWER:KK

(22)Date of filing : 15.10.1999

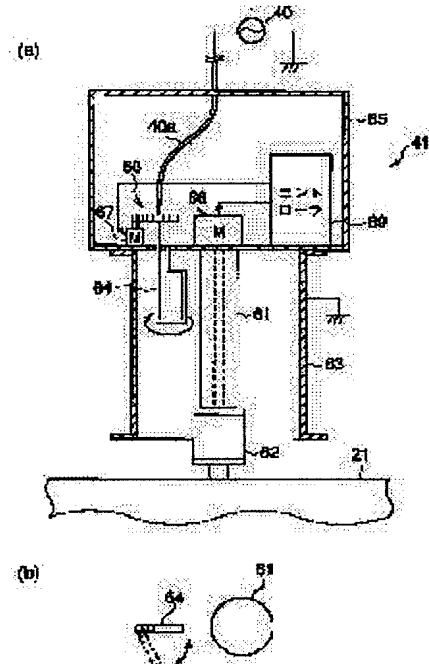
(72)Inventor : HIMORI SHINJI
YUASA MITSUHIRO
WATABE KAZUYOSHI
SHIMADA JUNICHI

(54) MATCHING DEVICE AND PLASMA TREATMENT APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a matching device and a plasma treatment apparatus making use thereof, which makes impedance of high frequency load match with that of conducting path without enlarging its size and without prolonging matching period even in case of supplying high frequency power of more than 100 MHz.

SOLUTION: The matching device 41 is constructed by a resonance rod 61 which transmits high frequency energy from high frequency power source 40 to a plasma generating electrode 21, a variable capacitor 62 connected to the resonance rod 61 and the electrode 21 in series which controls imaginary part of complex number of impedance, and easing 63 surrounding resonance rod 61 with ground connection, a link coil 64 which controls real part of complex number of impedance while making high frequency energy excite the resonance rod 61, and a controller 69 which controls the variable capacitor 62 and a driving part of the link coil 64 so that the system between high frequency power source 40 and ground connection including intermediation by plasma, may construct a serial resonance circuit in a state of matching.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-118700
(P2001-118700A)

(43)公開日 平成13年4月27日(2001.4.27)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース [*] (参考)
H 0 5 H	1/46	H 0 5 H 1/46	R 4 K 0 3 0 M 5 F 0 0 4
C 2 3 C	16/505	C 2 3 C 16/505	
H 0 1 L	21/3065	H 0 3 H 7/40	
H 0 3 H	7/40	H 0 1 L 21/302	C
審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 14 頁)			

(21)出願番号 特願平11-294527

(22)出願日 平成11年10月15日(1999. 10. 15)

(71)出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂5丁目3番6号

(71)出願人 599146731

株式会社 東京ハイパワー
埼玉県新座市畑中3丁目1番1号

(72)発明者 桧森 慎司

山梨県韭崎市藤井町北下条2381番地の1
東京エレクトロン山梨株式会社内

(74)代理人 100099944

弁理士 高山 宏志

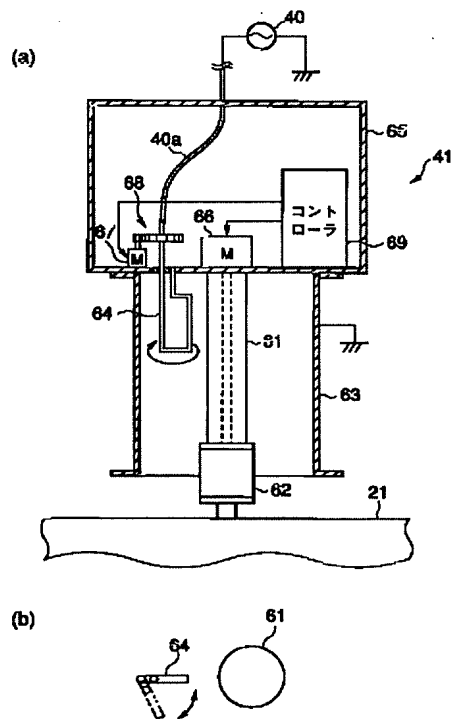
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 整合器およびプラズマ処理装置

(57)【要約】

【課題】 100MHz以上の高周波電力を供給する場合でも、大型化を招くことなく、整合時間が長くなることなく、十分に高周波負荷のインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させることができる整合器およびそれを用いたプラズマ処理装置を提供すること。

【解決手段】 整合器41は、高周波電源40からの高周波エネルギーをプラズマ生成電極21に伝送する共振棒61と、共振棒61および電極21に直列に接続されインピーダンス複素数の虚部を調整する可変コンデンサ62と、共振棒61の外周に設けられた接地された筐体63と、共振棒61へ高周波エネルギーを励起させかつインピーダンス複素数の実部の調整するリンクコイル64と、高周波電源40からプラズマを介して接地に至るまでの間が整合状態で直列共振回路を構成するように可変コンデンサ62およびリンクコイル64の駆動部を制御するコントローラ69とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 高周波電源と高周波負荷導入部との間に設けられ、高周波負荷のインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させる整合器であって、高周波電源からの高周波エネルギーを高周波負荷導入部に伝送する共振棒と、前記共振棒および前記高周波負荷導入部に直列に接続され、インピーダンス複素数の虚部の調整を行う可変コンデンサーと、前記共振棒の外周に設けられた接地された筐体と、前記共振棒へ高周波エネルギーを励起させ、かつインピーダンス複素数の実部の調整を行う可変結合給電部とを具備し、前記高周波電源から高周波負荷に至るまでの間が、整合状態で直列共振回路を構成するように、前記可変コンデンサーおよび前記可変結合給電部が調整されることを特徴とする整合器。

【請求項2】 前記高周波負荷導入部はプラズマ生成電極であり、前記高周波負荷はプラズマであることを特徴とする請求項1に記載の整合器。

【請求項3】 前記可変コンデンサーおよび前記可変結合給電部を制御する制御手段をさらに有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の整合器。

【請求項4】 前記共振棒と前記筐体とは同軸状に設けられていることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の整合器。

【請求項5】 前記可変結合給電部は、誘導結合により前記共振棒に高周波電力を供給するリンクコイルを有することを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の整合器。

【請求項6】 前記可変結合給電部は、前記リンクコイルと前記共振棒との間の距離を調整することによりインピーダンスを調整することを特徴とする請求項5に記載の整合器。

【請求項7】 前記可変結合給電部は、前記リンクコイルに接続された可変コンデンサーをさらに有し、この可変コンデンサーを調整することによりインピーダンスを調整することを特徴とする請求項5に記載の整合器。

【請求項8】 前記リンクコイルは筒状をなし、前記共振棒を囲繞するように設けられていることを特徴とする請求項7に記載の整合器。

【請求項9】 前記可変結合給電部は、前記共振棒へ移動可能に接続され前記共振棒に高周波電力を供給する接続部材と、接続部材を前記共振棒の長手方向に沿って移動させる移動機構とを有し、前記移動機構により前記接続部材の位置を調整することによりインピーダンス複素数の実部を調整することを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の整合器。

【請求項10】 前記可変結合給電部は、前記共振棒へ接続され前記共振棒に高周波電力を供給する接続部材

と、接続部材と直列に配置された可変コンデンサーとを有し、この可変コンデンサーを調整することによりインピーダンス複素数の実部を調整することを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の整合器。

【請求項11】 前記共振棒および前記高周波負荷導入部に直列に接続された可変コンデンサーは、そのキャパシタンスを変化させるモーターを有し、このモーターは前記共振棒の中に設けられた回転軸を介してその他端側に設けられていることを特徴とする請求項1から請求項10のいずれか1項に記載の整合器。

【請求項12】 前記高周波電源の周波数が100MHz以上であることを特徴とする請求項1から請求項11のいずれか1項に記載の整合器。

【請求項13】 前記共振棒および前記高周波負荷導入部に直列に接続された可変コンデンサーは、前記プラズマ生成電極に直接取り付けられていることを特徴とする請求項1から請求項12のいずれか1項に記載の整合器。

【請求項14】 前記可変コンデンサーは、多数の接触子を有する多面接触部材により着脱自在に取り付けられることを特徴とする請求項13に記載の整合器。

【請求項15】 前記可変コンデンサーは、その一方の電極が前記プラズマ生成電極の一部をなし、絶縁層としての空気を介して他方の電極が設けられた構造を有することを特徴とする請求項13に記載の整合器。

【請求項16】 高周波電源とプラズマ生成電極との間に設けられ、高周波負荷のインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させる整合器であって、前記プラズマ生成電極に直接取り付けられることを特徴とする整合器。

【請求項17】 高周波負荷のインピーダンス複素数の虚部を調整する可変コンデンサーを備え、この可変コンデンサーが前記プラズマ生成電極に直接取り付けられることを特徴とする請求項16に記載の整合器。

【請求項18】 前記可変コンデンサーは多数の接触子を有する多面接触部材により着脱自在に取り付けられることを特徴とする請求項17に記載の整合器。

【請求項19】 前記可変コンデンサーは、その一方の電極が前記プラズマ生成電極の一部をなし、絶縁層としての空気を介して他方の電極が設けられた構造を有することを特徴とする請求項17に記載の整合器。

【請求項20】 被処理基板が収容されるチャンバーと、チャンバー内に相対向するように設けられた第1および第2の電極と、前記第1の電極に高周波電力を供給する高周波電源と、前記高周波電源と前記第1の電極との間に設けられ、プラズマインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させる整合器と、前記チャンバー内を所定の減圧状態に維持する排気手段

と、
 前記チャンバー内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段とを具備し、
 前記高周波電力により前記第1の電極と第2の電極との間に高周波電界を形成し、それにより処理ガスをプラズマ化してプラズマ処理を行うことを特徴とするプラズマ処理装置であって、
 前記整合器は、
 高周波電源からの高周波エネルギーを第1の電極に伝送する共振棒と、
 前記共振棒および前記第1の電極に直列に接続され、インピーダンス複素数の虚部の調整を行う可変コンデンサーと、
 前記共振棒の外周に設けられた接地された筐体と、
 前記共振棒へ高周波エネルギーを励起させ、かつインピーダンス複素数の実部の調整を行う可変結合給電部とを有し、前記高周波電源からプラズマを介して接地に至るまでの間が、整合状態で直列共振回路を構成するように、前記可変コンデンサーおよび前記可変結合給電部が調整されることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項21】 前記高周波電源の周波数が100MHz以上であることを特徴とする請求項20に記載のプラズマ処理装置。

【請求項22】 被処理基板が収容されるチャンバーと、
 チャンバー内に相対向するように設けられた第1および第2の電極と、
 前記第1の電極に高周波電力を供給する高周波電源と、
 前記高周波電源と前記第1の電極との間に設けられ、プラズマインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させる整合器と、
 前記チャンバー内を所定の減圧状態に維持する排気手段と、
 前記チャンバー内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段とを具備し、
 前記高周波電力により前記第1の電極と第2の電極との間に高周波電界を形成し、それにより処理ガスをプラズマ化してプラズマ処理を行うことを特徴とするプラズマ処理装置であって、
 前記整合器は、前記第1の電極に直接取り付けられることを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ等の高周波負荷のインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させる整合器およびそれを用いたプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば半導体デバイスの製造プロセスにおいては、被処理基板である半導体ウエハに対して、エ

ッチングやスパッタリング、CVD（化学気相成長）等のプラズマ処理が多用されている。

【0003】このようなプラズマ処理を行うためのプラズマ処理装置としては、種々のものが用いられているが、その中でも容量結合型平行平板プラズマ処理装置が主流である。

【0004】容量結合型平行平板プラズマ処理装置は、チャンバー内に一對の平行平板電極（上部および下部電極）を配置し、処理ガスをチャンバー内に導入するとともに、電極の少なくとも一方に高周波電力を供給して電極間に高周波電界を形成し、この高周波電界により処理ガスのプラズマを形成して半導体ウエハに対してプラズマ処理を施す。

【0005】このような容量結合型平行平板プラズマ処理装置により半導体ウエハ上の膜、例えば酸化膜をエッチングする場合には、チャンバー内を中圧にして、中密度プラズマを形成することにより、最適ラジカル制御が可能であり、それによって適切なプラズマ状態を得ることができ、高い選択比で、安定性および再現性の高いエッチングを実現している。

【0006】しかしながら、近年、ULSIにおけるデザインルールの微細化がますます進み、ホール形状のアスペクト比もより高いものが要求されており、従来の条件では必ずしも十分とはいえなくなりつつある。

【0007】そこで、印加する高周波電力の周波数を60MHz程度にまで上昇させ、高密度プラズマを形成し、より低圧の条件下で適切なプラズマを形成して微細化に対応することが試みられているが、60MHz程度の周波数では10mTorr以下の真空中で高密度プラズマを生成することは困難である。このため、印加する高周波電力の周波数をさらに100MHz以上に上昇させることが検討されている。

【0008】ところで、このように高周波を印加してプラズマを形成する容量結合型平行平板プラズマ処理装置では、高周波電源と上部電極との間に、高周波電力の負荷であるプラズマのインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させる整合器を用いている。従来の整合器は、例えば図16に示すような構造となっている。すなわち、整合装置101は、高周波電源100と上部電極102との間に設けられ、接地された直方体の箱101aを有しており、その中に高周波電源100から上部電極102へ給電するための給電棒103に対して直列に上流側からコイル111および可変コンデンサー114が設けられており、さらにコイル111の上流側には接地された固定コンデンサー110が接続され、コイル111の下流側には接地された可変コンデンサー112と固定コンデンサー113が接続されている。これら部品は、銅板や線材等で結線され、可変コンデンサ112、114の値をモーター等で変化させることで整合範囲を変化させる構造となっている。可変コンデンサの代わり

に可変コイルを用いることもできる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような構造の整合器を100MHzを超える周波数帯域で使用する場合には、部品を接続する銅板や整合器と電極を接続する給電棒等の誘導性リアクタンス成分の影響が大きくなり、一方、容量性リアクタンスは周波数に反比例するため、共振・整合をとるためのコンデンサ容量は非常に小さいものとなり、一般市販の可変コンデンサの利用が困難となる。

【0010】このような不都合を回避するために、VHF帯後半～UHF帯(300MHz～3GHz)における整合に通常用いられるスタブ方式の整合器を100MHzを超える周波数帯域でのプラズマ処理装置に用いることが考えられる。図17に示すように、スタブ方式の整合器121は、高周波電源120と上部電極122を接続する同軸構造の給電ライン131の途中に、それに垂直に2箇所以上の同軸ケーブル構造の調整ライン132を接続し、これら調整ライン132上で短絡素子133を移動させてインピーダンスを調整するものである。

【0011】しかしながら、このようなスタブ方式の整合器121は、短絡素子133のストロークを1/4波長以上確保する必要があるが、150MHz以下の場合には、調整ライン132の長さが500mm以上必要となり、整合器自体が非常に大きなものになってしまう。また、短絡素子133の移動時間が大きくなり、高周波電力を投入してから整合までの時間が長くなってしまふ。さらに、短絡素子133をモーターで駆動することを考慮すると、回転運動から直線運動への変換等、複雑さが避けられない。

【0012】一方、従来の整合器は、数十～100mm程度の給電棒により電極に接続されており、整合器内の部品は銅板等により接続されているが、このように機械的な接続部分が多いと電気特性が不連続となる箇所が増えるため定在波も不連続となってプラズマが不均一となり、またR成分による損失も大きなものになってしまう。また、高周波化により給電棒の誘導性リアクタンスも非常に大きくなるため、整合器出口での電圧が非常に高くなり、絶縁の強化のため絶縁物、空間等のサイズアップが必要となる。

【0013】本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、100MHz以上の高周波電力を供給する場合でも、大型化を招くことなく、整合時間が長くなることなく、十分に高周波負荷のインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させることができる整合器およびそれを用いたプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

【0014】また、電気特性の不連続による不均一やエネルギー損失を少なくすることができ、かつ小型化が可能な整合器およびそれを用いたプラズマ処理装置を提供

することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の第1の観点によれば、高周波電源と高周波負荷導入部との間に設けられ、高周波負荷のインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させる整合器であって、高周波電源からの高周波エネルギーを高周波負荷導入部に伝送する共振棒と、前記共振棒および前記高周波負荷導入部に直列に接続され、インピーダンス複素数の虚部の調整を行う可変コンデンサーと、前記共振棒の外周に設けられた接地された筐体と、前記共振棒へ高周波エネルギーを励起させ、かつインピーダンス複素数の実部の調整を行う可変結合給電部とを具備し、前記高周波電源から高周波負荷に至るまでの間が、整合状態で直列共振回路を構成するように、前記可変コンデンサーおよび前記可変結合給電部が調整されることを特徴とする整合器が提供される。

【0016】本発明の第2の観点によれば、高周波電源とプラズマ生成電極との間に設けられ、高周波負荷のインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させる整合器であって、前記プラズマ生成電極に直接取り付けられることを特徴とする整合器が提供される。

【0017】本発明の第3の観点によれば、被処理基板が収容されるチャンバーと、チャンバー内に相対向するように設けられた第1および第2の電極と、前記第1の電極に高周波電力を供給する高周波電源と、前記高周波電源と前記第1の電極との間に設けられ、プラズマインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させる整合器と、前記チャンバー内を所定の減圧状態に維持する排気手段と、前記チャンバー内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段とを具備し、前記高周波電力により前記第1の電極と第2の電極との間に高周波電界を形成し、それにより処理ガスをプラズマ化してプラズマ処理を行うことを特徴とするプラズマ処理装置であって、前記整合器は、高周波電源からの高周波エネルギーを前記第1の電極に伝送する共振棒と、前記共振棒および前記第1の電極に直列に接続され、インピーダンス複素数の虚部の調整を行う可変コンデンサーと、前記共振棒の外周に設けられた接地された筐体と、前記共振棒へ高周波エネルギーを励起させ、かつインピーダンス複素数の実部の調整を行う可変結合給電部とを有し、前記高周波電源からプラズマを介して接地に至るまでの間が、整合状態で直列共振回路を構成するように、前記可変コンデンサーおよび前記可変結合給電部が調整されることを特徴とするプラズマ処理装置が提供される。

【0018】本発明の第4の観点によれば、被処理基板が収容されるチャンバーと、チャンバー内に相対向するように設けられた第1および第2の電極と、前記第1の電極に高周波電力を供給する高周波電源と、前記高周波電源と前記第1の電極との間に設けられ、プラズマイン

ピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させる整合器と、前記チャンバー内を所定の減圧状態に維持する排気手段と、前記チャンバー内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段とを具備し、前記高周波電力により前記第1の電極と第2の電極との間に高周波電界を形成し、それにより処理ガスをプラズマ化してプラズマ処理を行うことを特徴とするプラズマ処理装置であって、前記整合器は、前記第1の電極に直接取り付けられることを特徴とするプラズマ処理装置が提供される。

【0019】上記本発明の第1の観点の観点によれば、外周に筐体が配置された共振棒と可変コンデンサーを含む直列共振回路を構成するので、100MHz以上の高周波電力を供給する場合でも、スタブ方式のように大型化を招くことなく、一般市販の可変コンデンサーを利用して十分に高周波負荷のインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させることができる。すなわち、整合器を共振棒と可変コンデンサーとを直列に配置したシンプルな構造として高周波電源から高周波負荷に至るまでの間に整合状態で直列共振回路を構成するので、本質的に小型化が可能であり、また、接地された筐体を設けることにより、共振棒のインダクタンス成分自体を小さくすることができ、共振棒と筐体との距離を調節すれば共振回路の誘導性リアクタンス成分を容易に管理することができるので、可変コンデンサーとして一般市販のものを用いても十分に高周波負荷のインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させることができる。また、共振棒をコイルとして動作させる場合には、共振棒の長さを高周波周波数の $1/4$ 波長より小さくすることができ、より一層の小型化が可能となる。さらに、共振回路に接合点が少ないので、内部損失が少なく、低損失高性能の共振回路を構成することができる。さらにまた、従来と同様に基本的に可変コンデンサーを用いて整合をとるのでスタブ方式のように整合時間が長くなることがない。さらにまた、筐体の存在によりシールド効果を高めることができる。

【0020】上記本発明の第2の観点によれば、整合器がプラズマ生成電極に直接取り付けられるので、給電棒が不要となり、インピーダンス不連続箇所を少なくすることができる。したがって、電気特性が不連続になることによる不均一やエネルギー損失を少なくすることができる。また、給電棒の誘導性リアクタンス成分の影響がないので、整合器出口で電圧が高くなることがない。したがって、絶縁の強化のために絶縁物や空間等をサイズアップする必要がなく、小型化が可能となる。

【0021】上記本発明の第3の観点によれば、上記本発明の第1の観点に係る整合器を用いたプラズマ処理装置が構成されるので、100MHz以上の高周波電力を供給してプラズマを生成する場合でも、スタブ方式のように大型化を招くことなく、一般市販の可変コンデンサーを利用して十分にプラズマのインピーダンスを伝送路イ

ンピーダンスに整合させることができる。

【0022】上記本発明の第4の観点によれば、上記本発明の第2の観点に係る整合器を用いたプラズマ処理装置が構成されるので、電気特性が不連続になることによるプラズマの不均一やエネルギー損失を少なくすることができる。

【0023】上記本発明の第1の観点に係る整合器において、前記高周波負荷導入部としてプラズマ生成電極を用いることができる。この場合には、前記高周波負荷はプラズマである。

【0024】また、上記本発明の第1の観点に係る整合器において、前記可変コンデンサーおよび前記可変結合給電部を制御する制御手段を設けることにより、高周波電源から高周波負荷に至るまでの間が、整合状態で直列共振回路を構成するように自動的に調整することが可能となる。

【0025】さらに、前記共振棒と前記筐体とは同軸状に設けられていることが好ましい。これにより、共振棒と筐体との間の距離が位置によらず一定となり電磁界分布を均一にすることができるため、共振棒のインダクタンス見積の管理が容易となる。

【0026】さらにまた、前記可変結合給電部は、電磁誘導により前記共振棒に高周波電力を供給するリンクコイルを有するようにすることができる。これにより、共振棒への高周波電力の入力部分を非接触にすることができ、電力の消費を少なくすることができる。この場合に、前記リンクコイルと前記共振棒との間の距離を調整することによりインピーダンス複素数の実部を調整することもできるし、また、前記リンクコイルに接続された可変コンデンサーをさらに有し、この可変コンデンサーを調整することによりインピーダンス複素数の実部を調整することもできる。さらに、筒状をなすリンクコイルを、共振棒を囲繞するように設け、可変コンデンサーを調整することによりインピーダンス複素数の実部を調整するように構成すれば、大電力の場合であっても、容易に誘導結合させることができる。

【0027】さらにまた、前記可変結合給電部は、前記共振棒へ移動可能に接続され前記共振棒に高周波電力を入力する接続部材と、接続部材を前記共振棒の長手方向に沿って移動させる移動機構とを有し、前記移動機構により前記接続部材の位置を調整することによりインピーダンス複素数の実部を調整するように構成することもできる。

【0028】さらにまた、前記可変結合給電部は、前記共振棒へ接続され前記共振棒に高周波電力を入力する接続部材と、接続部材と直列に配置された可変コンデンサーとを有し、この可変コンデンサーを調整することによりインピーダンスを調整するように構成することもできる。

【0029】さらにまた、前記共振棒および前記プラズ

マ生成電極に直列に接続された可変コンデンサーのモーターを共振棒の中に設けられた回転軸を介してその他端側に設けるようにすれば、その部分は接地電位であるから、絶縁を容易にすることができる。

【0030】さらにまた、前記高周波電源の周波数が100MHz以上であることが好ましい。この範囲の周波数において、本発明の効果を有効に発揮することが可能となる。

【0031】さらにまた、前記共振棒および前記プラズマ生成電極に直列に接続された可変コンデンサーは、前記プラズマ生成電極に直接取り付けられていることが好ましい。これにより、上記本発明の第2の観点の場合と同様、電気特性が不連続になることによる不均一やエネルギー損失を少なくすることができ、かつ小型化が可能となる。

【0032】上記本発明の第2の観点において、整合器をプラズマ生成電極に直接取り付けにいたり、可変コンデンサーをプラズマ電極に直接取り付けようにすることが好ましい。

【0033】上記本発明の第1の観点および第2の観点において、このように可変コンデンサーをプラズマ生成電極に直接取り付けの場合に、多数の接触子を有する多面接触部材により着脱自在に取り付けることが好ましい。これにより取り扱い性およびメンテナンス性を高くすることができる。また、この場合に、可変コンデンサーの一方の電極が前記プラズマ生成電極の一部をなし、絶縁層としての空気を介して他方の電極が設けられた構造とすることにより、構造を簡略化することができ、しかもコンデンサーの容量を小さくすることが可能となる。

【0034】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図1は本発明が適用されるプラズマ処理装置を模式的に示す断面図である。このプラズマ処理装置1は、電極板が上下平行に対向し、一方にプラズマ生成用電源が接続され、他方にイオン引き込み用の電源が接続された容量結合型平行平板エッチング装置として構成されている。

【0035】このプラズマ処理装置1は、例えば表面がアルマイト処理（陽極酸化処理）されたアルミニウムからなる円筒形状に成形されたチャンバー2を有しており、このチャンバー2は保安接地されている。前記チャンバー2内の底部にはセラミックなどの絶縁板3を介して、被処理体、例えば半導体ウエハ（以下「ウエハ」という）Wを載置するための略円柱状のサセプタ支持台4が設けられており、さらにこのサセプタ支持台4の上には、下部電極を構成するサセプタ5が設けられている。このサセプタ5にはハイパスフィルター（HPF）6が接続されている。

【0036】前記サセプタ支持台4の内部には、冷媒室

7が設けられており、この冷媒室7には冷媒が冷媒導入管8を介して導入され排出管9から排出されて循環し、その冷熱が前記サセプタ5を介して前記ウエハWに対して伝熱され、これによりウエハWの処理面が所望の温度に制御される。

【0037】前記サセプタ5は、その上にウエハWと略同形の静電チャック11が設けられている。静電チャック11は、絶縁材の間に電極12が介在されており、電極12に接続された直流電源13から直流電圧が印加されることにより、クーロン力等によってウエハWを静電吸着する。

【0038】そして、前記絶縁板3、サセプタ支持台4、サセプタ5、さらには前記静電チャック11には、被処理体であるウエハWの裏面に、伝熱媒体、例えばHeガスなどを供給するためのガス通路14が形成されており、この伝熱媒体を介してサセプタ5の冷熱がウエハWに伝達されウエハWが所定の温度に維持されるようになっている。

【0039】前記サセプタ5の上端周縁部には、静電チャック11上に載置されたウエハWを囲むように、環状のフォーカスリング15が配置されている。このフォーカスリング15はシリコンなどの導電性材料からなっており、これによりエッチングの均一性が向上される。

【0040】前記サセプタ5の上方には、このサセプタ5と平行に対向して上部電極21が設けられている。この上部電極21は、絶縁材25を介して、チャンバー2の上部に支持されており、サセプタ5との対向面を構成し、多数の吐出孔24を有する、例えばシリコン、SiC、またはアモルファスカーボンからなる電極板23と、この電極板23を支持し、導電性材料、例えば表面がアルマイト処理されたアルミニウムからなる水冷構造の電極支持体22とによって構成されている。なお、サセプタ5と上部電極21とは、例えば10～60mm程度離間している。

【0041】前記上部電極21における電極支持体22にはガス導入口26が設けられ、さらにこのガス導入口26には、ガス供給管27が接続されており、このガス供給管27には、バルブ28、およびマスフローコントローラ29を介して、処理ガス供給源30が接続されている。処理ガス供給源30から、プラズマエッチング処理のための処理ガスが供給される。

【0042】処理ガスとしては、従来用いられている種々のものを採用することができ、例えばフロロカーボンガス（ C_xF_y ）やハイドロフロロカーボンガス（ $C_pH_qF_r$ ）のようなハロゲン元素を含有するガスを好適に用いることができる。他にAr、He等の希ガスや N_2 を添加してもよい。

【0043】前記チャンバー2の底部には排気管31が接続されており、この排気管31には排気装置35が接続されている。排気装置35はターボ分子ポンプなどの

真空ポンプを備えており、これによりチャンバー 2 内を所定の減圧雰囲気、例えば 0.1 mTorr 以下の所定の圧力まで真空引き可能なように構成されている。また、チャンバー 2 の側壁にはゲートバルブ 32 が設けられており、このゲートバルブ 32 を開にした状態でウエハ W が隣接するロードロック室（図示せず）との間で搬送されるようになっている。

【0044】上部電極 21 には、第 1 の高周波電源 40 が接続されており、第 1 の高周波電源 40 と上部電極 21 との間には整合器 41 が設けられている。整合器 41 は、チャンバー 2 内にプラズマを形成した際に、プラズマのインピーダンスを高周波電源 40 から延びる同軸構造の伝送路 40a のインピーダンスに整合させる機能を有している。高周波電源 40 から見た伝送路 40a のインピーダンスは通常 50Ω である。また、上部電極 21 への給電は、その上面中央部から行われる。また、上部電極 21 にはローパスフィルター (LPF) 42 が接続されている。この第 1 の高周波電源 40 は 100 MHz 以上の周波数を有している。このように高い周波数を印加することにより高密度のプラズマを形成することができ、 10 mTorr 以下という低圧条件下のプラズマ処理が可能となり、デザインルールの微細化に対応することが可能となる。

【0045】下部電極としてのサセプタ 5 には、第 2 の高周波電源 50 が接続されており、その給電線には整合器 51 が介在されている。この第 2 の高周波電源 50 は、ウエハ W に対してイオンを引き込んでウエハ W に対してダメージを与えることなく適切なイオン作用を与えるものであり、周波数は 2 MHz である。

【0046】次に、上記整合器 41 について説明する。図 2 の (a) に示すように、整合器 41 は、上述したように、チャンバー 2 内にプラズマを形成した際に、プラズマのインピーダンスを伝送路 40a のインピーダンスに整合させるものであり、高周波電源 40 からの高周波エネルギーを上部電極 21 に伝送する共振棒 61 と、共振棒 61 および前記上部電極 21 に直列に接続された可変コンデンサ 62 と、共振棒 61 の外周に設けられた接地された筐体 63 と、共振棒 61 と誘導結合し、結合度が可変の可変結合給電部として機能するリンクコイル 64 と、筐体 63 の上方に設けられた制御ユニット 65 とを備えている。そして、プラズマを生成した際に、高周波電源 40 からプラズマを介して接地に至るまでの間が、整合状態で直列共振回路を構成するように、可変コンデンサ 61 およびリンクコイル 64 が調整される。

【0047】ここでプラズマ（高周波負荷）のインピーダンスを Z とすると、 Z は、

$$Z = R + jX$$

と、複素数として表現することができる。この式の中で R はインピーダンスの実部で純抵抗成分である。また、 X はインピーダンス虚部でリアクタンス成分である。こ

れらのうちインピーダンス実部である R は結合度により調整することができ、インピーダンス虚部である X は直列可変コンデンサ 62 で調整することができる。共振状態においては、インピーダンス虚部 jX と直列可変コンデンサ 62 の容量の値とが同値異符号になるように直列可変コンデンサ 62 の容量が調整される。また、結合度はリンクコイル 64 により調整することができるから、プラズマインピーダンス実部 R を含めて、高周波電源から見た全体のインピーダンス実部はリンクコイル 64 により調整することができる。したがって、可変コンデンサ 62 およびリンクコイル 64 によってインピーダンスの調整を行うことにより、プラズマのインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させることができる。

【0048】制御ユニット 65 は、可変コンデンサ 62 の容量調整を行うためのモーター 66 と、リンクコイル 64 を回転させるモーター 67 とこれらをコントロールするコントローラ 69 とを有している。そして、このコントローラ 69 により、プラズマのインピーダンスに応じて可変コンデンサ 62 の容量およびリンクコイル 64 の結合度の値が制御される。なお、リンクコイル 64 は、モーター 67 によりギア機構 68 を介して図 2 の (b) に示すように回転され、それとともなって共振棒 61 との距離が変化し結合度が可変となる。

【0049】前記リンクコイル 64 には、伝送線 40a を介して高周波電源 40 が接続されており、誘導結合により高周波電力を共振棒 61 に供給する。そして、駆動部であるモータ 67 およびギア機構 68 によりリンクコイル 64 を移動させて共振棒 61 との距離を調節することによって結合度が可変となっており、これによりインピーダンス調整を行えるようになっている。この整合器 41 の等価回路を図 3 に示す。

【0050】共振棒 61 は、電気特性および他の特性の観点から銅に銀メッキを施したものをを用いることが好ましい。共振棒 61 と筐体 63 とは同軸状に配置される。これにより、共振棒 61 と筐体 63 との間の距離が位置によらず一定となり電磁界分布を均一にすることができるため、共振棒 61 のインダクタンス見積の管理が容易となる。特に、共振棒 61 を外周筐体 63 とともに中空円筒状として円筒同軸状に配置することにより、電磁界の分布を一層均一化することができる。もちろん、筐体 63 は円筒に限らず角筒状であってもよいし、必ずしも共振棒 61 の全部を覆っていなくてもよい。また、共振棒 61 は円筒状でなくてもよい。なお、共振棒 61 の等価的なリアクタンスは、その長さおよびその直径と外周筐体 63 との直径比で見積もることができる。

【0051】以上のように構成されるプラズマ処理装置 1 における処理動作について説明する。まず、被処理体であるウエハ W は、ゲートバルブ 32 が開放された後、図示しないロードロック室からチャンバー 2 内へと搬入

され、静電チャック11上に載置される。そして、高圧直流電源13から直流電圧が印加されることによって、ウエハWが静電チャック11上に静電吸着される。次いで、ゲートバルブ32が閉じられ、排気機構35によって、チャンバー2内が所定の真空度まで真空引きされる。

【0052】その後、バルブ28が開放されて、処理ガス供給源30から処理ガスがマスフローコントローラ29によってその流量が調整されつつ、処理ガス供給管27、ガス導入口26を通して上部電極21の内部へ導入され、さらに電極板23の吐出孔24を通して、図1の矢印に示すように、ウエハWに対して均一に吐出され、チャンバー2内の圧力が所定の値に維持される。

【0053】そして、その後、第1の高周波電源40から整合器41を介して100MHz以上、例えば150MHzの高周波が上部電極21に印加される。これにより、上部電極21と下部電極としてのサセプタ5との間に高周波電界が生じ、処理ガスが解離してプラズマ化し、このプラズマにより、ウエハWに対してエッチング処理が施される。

【0054】他方、第2の高周波電源50からは、2MHzの高周波が下部電極であるサセプタ5に印加される。これにより、プラズマ中のイオンがサセプタ5側へ引き込まれ、イオンアシストによりエッチングの異方性が高められる。

【0055】このように、上部電極21に印加する高周波の周波数を100MHz以上とすることにより、プラズマ密度を上げることができ、より低圧でのプラズマ処理が可能となり、デザインルールの微細化に対応可能となる。

【0056】このように高周波の周波数が100MHz以上となると、従来の整合器では可変コンデンサの値を著しく低くする必要があって一般市販のものでは適用が困難となり、また、スタブ方式の整合器の場合には大型化を招くとともに整合に時間がかかる。

【0057】これに対して、上記整合器41では、外周に筐体63が同軸状に配置された共振棒61と可変コンデンサ62とを含む直列共振回路を構成する。具体的には、高周波電源40からプラズマに至るまでの間が、整合状態で直列共振回路を構成するように、コントローラ69により可変コンデンサ62およびリンクコイル64を制御する。このように、整合器41を共振棒61と可変コンデンサ62とを直列に配置したシンプルな構造として高周波電源40からプラズマに至るまでの間に整合状態で直列共振回路を構成するので、本質的に小型化が可能である。また、筐体63を設けることにより、共振棒61のインダクタンス成分自体を小さくすることができ、共振棒61と筐体63との距離を調節すれば共振回路の誘導性リアクタンス成分を容易に管理することができるので、可変コンデンサ62として一般市

販のものを用いても十分にプラズマのインピーダンスを伝送路40aのインピーダンスに整合させることができる。

【0058】ここで、同軸構造の共振棒61の特性インピーダンスを Z_0 とすると、長さ x の時のインピーダンス Z は、以下の(1)式で表される。

$$Z = j Z_0 \tan \beta x \quad \cdots \cdots (1)$$

ただし、 β は位相定数であり、波長を λ とすると $\beta = 2\pi/\lambda$ である。したがって、長さ x とインピーダンス(すなわち共振棒61のリアクタンス)との関係は図4のようになる。なお、特性インピーダンス Z_0 は、共振棒61と外周筐体63との断面寸法比(直径比)の対数関数となる。図4において、 x が $1/4$ 波長未満の場合、共振棒61はコイル(インダクタンス)として機能し、直列可変コンデンサ62との組合せで、直列共振回路を形成する。この場合に、共振棒61は接地された筐体63に囲まれているので、波長短縮率(速度係数)を考慮して、長さを設定すべきである。このように、共振棒61の長さを高周波の $1/4$ 波長未満とすると、波長100MHz以上においても共振棒61の実際の長さを100mm程度と極めて短いものとすることができ、整合器41を十分に小型化することができる。なお、プラズマの負荷のリアクタンスが誘導性で大きい等の場合に、共振棒61の長さを $1/4$ 波長よりも長くして共振棒61をコンデンサとして機能させて直列共振回路を構成することも可能である。この場合には、共振棒61の長さは上述の $1/4$ 波長未満の場合よりも長くなるが、整合器41はスタブ方式のように大型化することはない。

【0059】また、共振回路を構成することから、プラズマの負荷のリアクタンスをキャンセルすることができるので、高周波電源からみた皮相電流をなくすることができ、プラズマ形成に寄与しない無効電力をほぼゼロにすることができる。したがって、エネルギー効率が低い。さらに、共振回路に接合点が少ないので、内部損失が少なく、低損失高性能の共振回路を構成することができる。さらにまた、従来と同様に基本的に可変コンデンサを用いて整合をとるのでスタブ方式のように整合時間が長くなることがない。さらにまた、筐体63の存在によりシールド効果を高めることができる。なお、整合器41は、制御ユニットを含まない部分で、直径160mm程度、高さ200mm程度の円筒形状とすることができ、従来の整合器よりも小さくすることができる。

【0060】また、リンクコイル64を用いて誘導結合により非接触で共振棒61に高周波電力を供給するので、接触による損失を回避することができ、整合器内部での消費電力を少なくすることができる。

【0061】さらに、可変コンデンサ62の容量調整用のモーター66は、接地電位すなわち0Vである共振棒61の上端側に配置されているのでモーター66の絶縁が容易である。

【0062】以上のように、整合器41は高周波電源40の周波数が100MHz以上になった場合に優れた効果を発揮するものであり、寸法的制約がない限り（共振棒が極端に短いと実装上の問題が生じる）その上限は特にないが、十分に整合をとる観点からは400MHz程度以下であることが好ましい。高周波電源40の周波数が300MHz以上の場合には、波長が短いため、共振棒61を $1/4$ 波長未満の長さのみならず、 $2n/4$ 波長超え～ $(1+2n)/4$ 未満（ただし、 $n=1, 2, \dots$ ）のうちの実用的な長さで同様な効果を得ることができる。

【0063】次に、整合器41の第1の変形例について説明する。ここでは、図5に示すように、整合器41は、固定的に設けられたリンクコイル71を有し、これに可変コンデンサー72が取り付けられている。可変コンデンサー72の容量調整用モーター73はモーター66と同様にコントローラ69により制御される。高周波電力は給電線40aおよびリンクコイル71を介して可変コンデンサー72に至り、誘導結合により共振棒61に供給される。その他の構成は図2と同様であり、同じ部材には同じ符号を付して説明を省略する。このような構成の場合には、可変コンデンサー72によりインピーダンスを調整するので、リンクコイル71を移動させずにより短時間でインピーダンス調整を行うことができる。この場合の等価回路を図6に示す。

【0064】次に、整合器41の第2の変形例について説明する。ここでは、図7に示すように、共振棒61の外側に同軸的に円筒状のリンクコイル74を配置し、このリンクコイル74に可変コンデンサー72が接続されている。その他の構成は図5と同様であり、同じ部材には同じ符号を付して説明を省略する。このような構成の場合には、筒状をなすリンクコイル74を、共振棒61の周囲に同心的に設けたので、大電力の場合であっても、容易に誘導結合させることができる。なお、この例の場合には、等価回路的には図6と同様である。以上の図2、図5、図7の整合器は、構造が若干異なっているが、回路としては原理的に同等である。

【0065】次に、整合器41の第3の変形例について説明する。ここでは、図8に示すように、共振棒61にスライド部材（接続部材）75をスライド可能に外嵌させ、ボールねじ機構等の駆動機構76とモーター77とにより上下動可能としており、給電線40aがスライド部材75に接続されている。そして、スライド部材75を介して共振棒61に給電される。モーター77はコントローラ69により制御される。その他の構成は図2と同様であり、同じ部材には同じ符号を付して説明を省略する。このような構成の場合には、高周波電源40からの高周波電力がスライド部材75を介して共振棒61に供給され、スライド部材75の給電位置を駆動機構76とモーター77とにより調整することにより、インピー

ダンスを調整することができる。このように接触した状態で給電を行うので、損失が生じるが、確実に給電することができる。この場合の等価回路を図9に示す。

【0066】次に、整合器41の第4の変形例について説明する。ここでは、図10に示すように、共振棒61の下部に接続部材78が外嵌された状態で固定されており、この接続部材78に可変コンデンサー79が接続されている。容量調整用モーター80はモーター66と同様にコントローラ69により制御される。そして、高周波電力は給電線40aおよび可変コンデンサー79を介して接続部材78に至り、共振棒61に供給される。その他の構成は図2と同様であり、同じ部材には同じ符号を付して説明を省略する。このような構成の場合には、接続部材78はスライドさせずに可変コンデンサー79によりインピーダンス調整を行うので、より短時間でインピーダンス調整を行うことができる。また、接続部材79を共振棒61に接触させた状態で給電するので確実に給電することができる。この場合の等価回路を図11に示す。

【0067】次に、本発明の他の実施形態について説明する。ここでは、整合器と上部電極と接続状態が従来とは異なっており、図12に示すように、整合器41'が直接に上部電極21に接続されている。具体的には、整合器41'の下端部に存在する可変コンデンサー91の下部の電極91aが上部電極21に接続されている。この場合に、可変コンデンサー91の下部の電極にはアダプター92が嵌め込まれ、その状態で、上部電極21に整合器41'を接続するために取り付けられた多面接触部材93に嵌め込まれている。多面接触部材93は、上部電極21に固定されており、図13に示すようにリング状をなし、内側に表面球状の多数の接触子93aが設けられている。これら接触子93aはばねにより内側へ付勢されており、アダプター92が嵌め込まれた際に、それをばね力により確実に保持することができるとともに、確実な電氣的接続が実現される。また、上方へ引き上げることで、容易に取り外すことができる。さらに、アダプター92の存在により電氣的接続をより確実なものとすることができる。なお、アダプター92を多面接触部材としてコンデンサー91の電極91aと接続することもできる。また、このような多面接触部材93を用いずに、ねじ止め等、他の取り付け手段を用いてもよい。

【0068】従来、整合器は、数十～100mm程度の給電棒により電極に接続されており、電気特性の不連続によるプラズマ不均一の問題や、R成分による損失の問題、高周波化による給電棒のL成分増大に伴う整合器の大型化の問題が生じていたが、このように整合器41'の一部を直接上部電極21に接続することにより、給電棒が不要となり、インピーダンス不連続箇所を少なくすることができるので、定在波によるプラズマの不均一や

エネルギー損失を少なくすることができる。また、給電棒のL成分の影響がないので、整合器41' 出口で電圧が高くなることがなく、絶縁の強化のため絶縁物、空間等のサイズアップの必要がなく、小型化が可能となる。

【0069】ところで、可変コンデンサーは、通常、誘電体セラミックス筒の両端に電極が形成され、真空中に保持されたセラミックス筒の内部において電極間の距離を変化させるようになっているが、図14のように、リング状凹凸が形成された一方の電極94aが上部電極21の一部をなし、絶縁層としての空気を介して電極94aのリング状凹凸に噛み合うようにリング状凹凸が形成された他方の電極94bが設けられた構造を有し、電極94bを上下させることにより容量を変化させ得る可変コンデンサー94を構成してもよい。これにより、素子としてのコンデンサーを用いる必要がなく、構造を簡略化することができ、しかも誘電体セラミックス筒を用いる必要がないのでコンデンサーの容量を小さくすることが可能となる。また、必要な容量が小さい場合には、図15のように電極95a、95bを平坦にしたコンデンサー95とすることができ、より一層構造を簡略化することができる。

【0070】なお、本発明は上記実施の形態に限定されることがなく、種々変形可能である。例えば、上記実施の形態では、上部電極に印加する高周波電力の周波数を100MHz以上としたが、100MHz以下であっても適用可能である。また、上部電極にプラズマ形成用の高周波電力を印加した場合について示したが、下部電極にプラズマ形成用の高周波電力を印加してもよい。さらに、筐体63を共振棒61に対して同軸状に設けたが、必ずしも同軸状でなくてもよい。さらにまた、整合器を直接上部電極に取り付ける構成は、上述の共振棒を使用するタイプの整合器に限らず、従来タイプの整合器に適用することも可能である。さらにまた、被処理基板として半導体ウエハを用い、これにエッチングを施す場合について説明したが、これに限らず、処理対象としては液晶表示装置(LCD)基板等の他の基板であってもよく、またプラズマ処理もエッチングに限らず、スパッタリング、CVD等の他の処理であってもよい。さらにまた、本発明の整合器はプラズマ処理に用いる場合に限らず、温熱治療装置等の医療設備、核融合の出力部分や、加速装置等、高周波を伝送する場合であれば適用可能である。

【0071】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、外周に筐体が配置された共振棒と可変コンデンサーとを含む直列共振回路を構成するので、100MHz以上の高周波電力を供給する場合でも、スタブ方式のように大型化を招くことなく、一般市販の可変コンデンサーを利用して十分に高周波負荷のインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させることができる。すなわち、整合器

を共振棒と可変コンデンサーとを直列に配置したシンプルな構造として高周波電源から高周波負荷に至るまでの間に整合状態で直列共振回路を構成するので、本質的に小型化が可能であり、また、筐体を設けることにより、共振棒のインダクタンス成分自体を小さくすることができ、共振棒と筐体との距離を調節すれば共振回路の誘導性リアクタンス成分を容易に管理することができるので、可変コンデンサーとして一般市販のものを用いても十分に高周波負荷のインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させることができる。また、共振棒をコイルとして動作させる場合には、共振棒の長さを高周波周波数の1/4波長より小さくすることができ、より一層の小型化が可能となる。さらに、共振回路に接合点が少ないので、内部損失が少なく、低損失高性能の共振回路を構成することができる。さらにまた、従来と同様に基本的に可変コンデンサーを用いて整合をとるのでスタブ方式のように整合時間が長くなることがない。また、筐体の存在によりシールド効果を高めることができる。このような整合器を用いてプラズマ処理装置を構成することにより、100MHz以上の高周波電力を供給してプラズマを生成する場合でも、スタブ方式のように大型化を招くことなく、一般市販の可変コンデンサーを利用して十分にプラズマのインピーダンスを伝送路インピーダンスに整合させることができる。

【0072】本発明の他の観点によれば、整合器がプラズマ生成電極に直接取り付けられるので、給電棒が不要となり、インピーダンス不連続箇所を少なくすることができる。したがって、電気特性が不連続になることによる不均一やエネルギー損失を少なくすることができる。また、給電棒の誘導性リアクタンス成分の影響がないので、整合器出口で電圧が高くなることがない。したがって、絶縁の強化のために絶縁物や空間等をサイズアップする必要がなく、小型化が可能となる。このような整合器を用いてプラズマ処理装置を構成することにより、電気特性が不連続になることによるプラズマの不均一やエネルギー損失を少なくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用されるプラズマ処理装置を模式的に示す断面図。

【図2】図1のプラズマ処理装置に用いられた整合器を示す断面図およびリンクコイルの結合度調整方法を示す模式図。

【図3】図2の整合器の等価回路を示す図。

【図4】同軸構造の共振棒を用いた場合における長さとのインピーダンスとの関係を示す図。

【図5】整合器の第1の変形例を示す断面図。

【図6】図5の整合器の等価回路を示す図。

【図7】整合器の第2の変形例を示す断面図。

【図8】整合器の第3の変形例を示す断面図。

【図9】図8の整合器の等価回路を示す図。

【図10】整合器の第4の変形例を示す断面図。

【図11】図10の整合器の等価回路を示す図。

【図12】本発明の他の実施形態に係る整合器を示す断面図。

【図13】図12の整合器の接続に用いた多面接触部材を示す平面図。

【図14】一方の電極が上部電極の一部をなし、絶縁層としての空気を介して他方の電極が設けられた構造の可変コンデンサーを用いた例を示す模式図。

【図15】一方の電極が上部電極の一部をなし、絶縁層としての空気を介して他方の電極が設けられた構造の可変コンデンサーを用いた他の例を示す模式図。

【図16】従来プラズマ処理装置に用いられていた整合器を示す図。

【図17】スタブ方式の整合器を示す図

【符号の説明】

1；プラズマ処理装置

2；チャンバー

5；サセプタ（第2の電極）

21；上部電極（第1の電極）

23；電極板

30；処理ガス供給源

35；排気装置

40；第1の高周波電源

41，41'；整合器

61；共振棒

62；可変コンデンサー

63；筐体

64，71，74；リンクコイル

65；制御ユニット

69；コントローラ

75；スライド部材（接続部材）

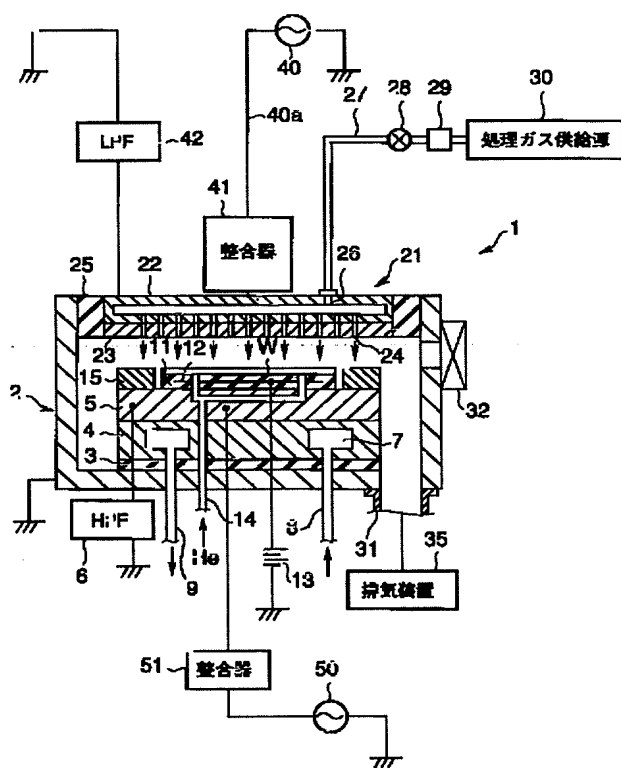
78；接続部材

91，94，95；可変コンデンサー

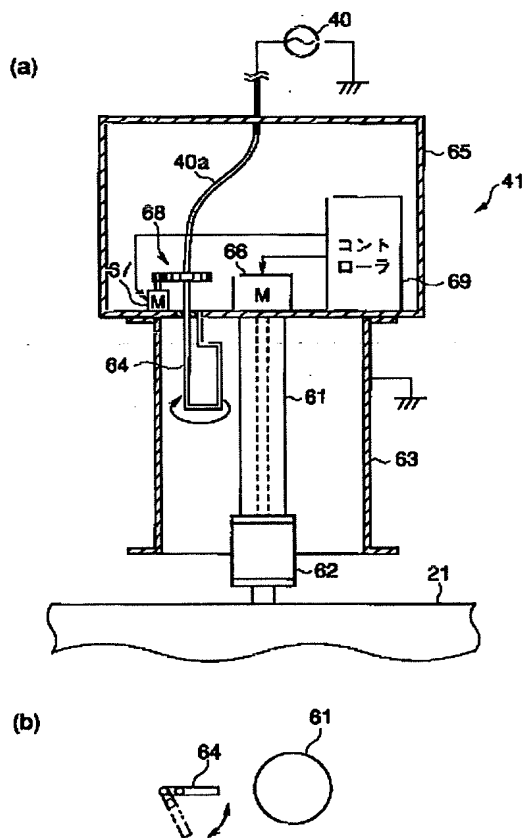
93；多面接触部材

W；半導体ウエハ

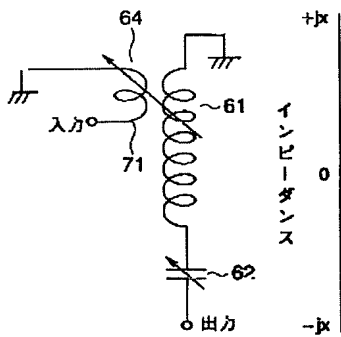
【図1】



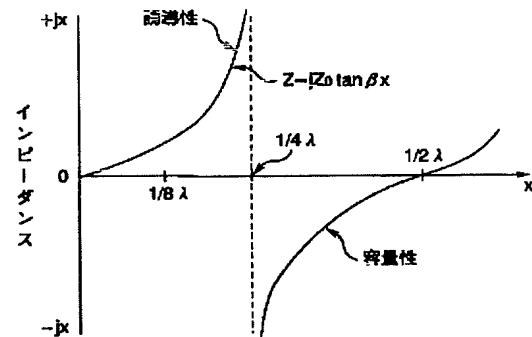
【図2】



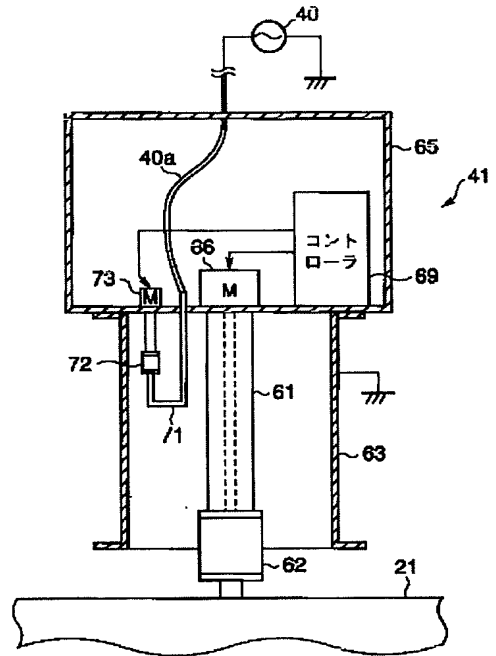
【図3】



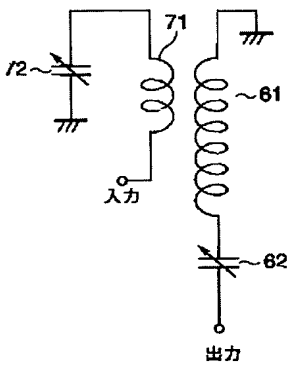
【図4】



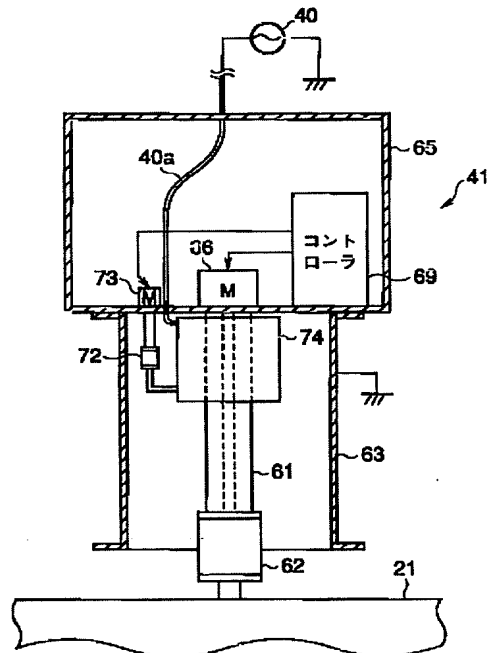
【図5】



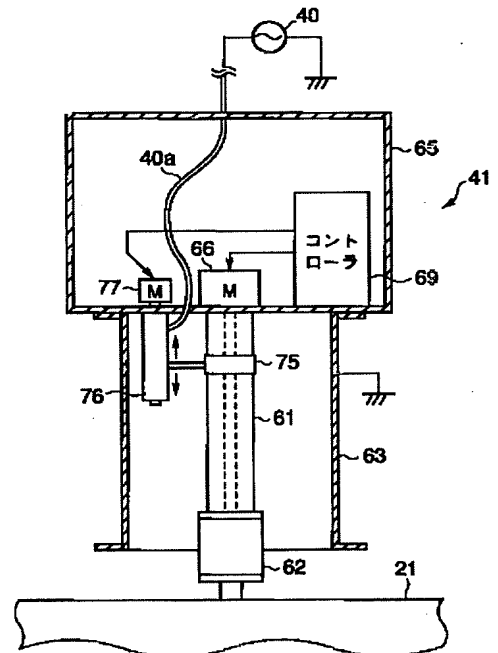
【図6】



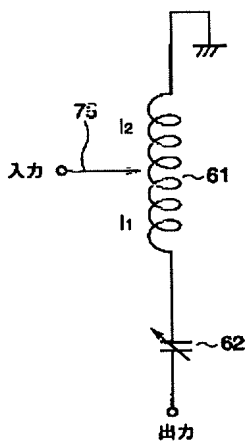
【図7】



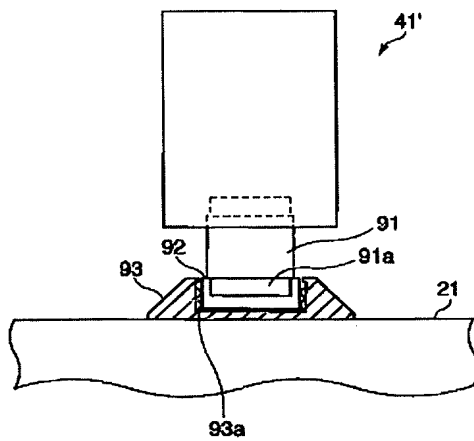
【図8】



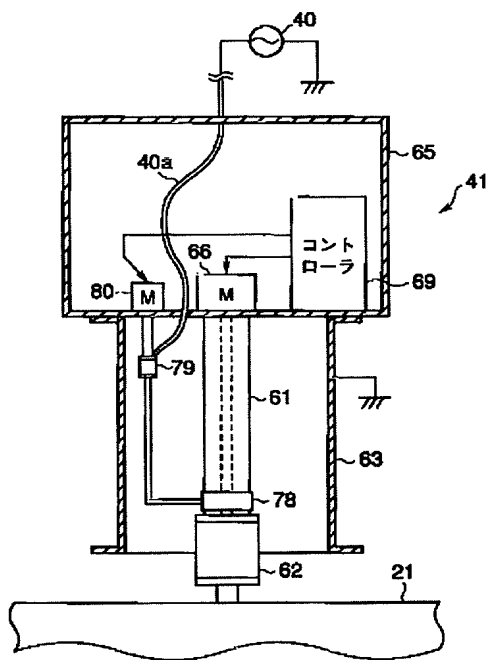
【図9】



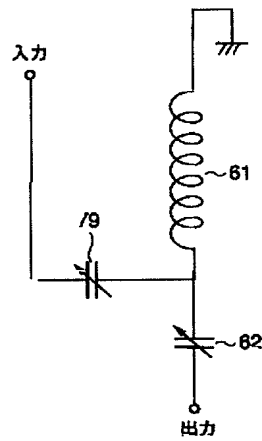
【図12】



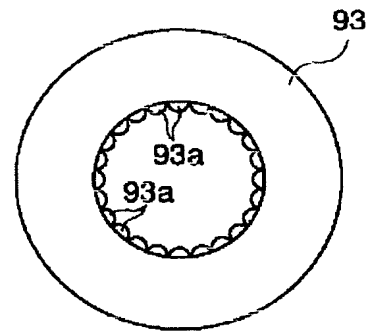
【図10】



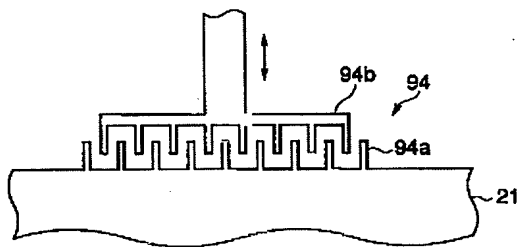
【図11】



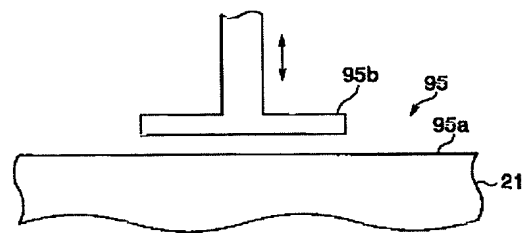
【図13】



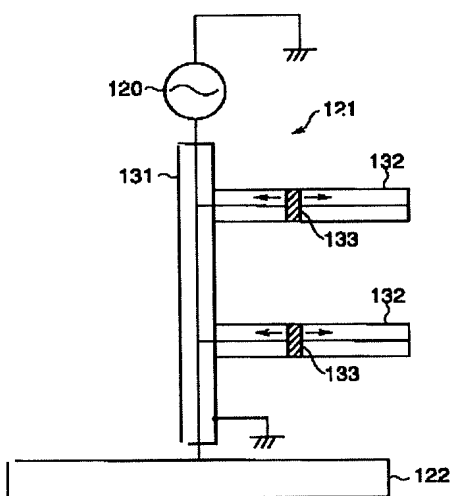
【図14】



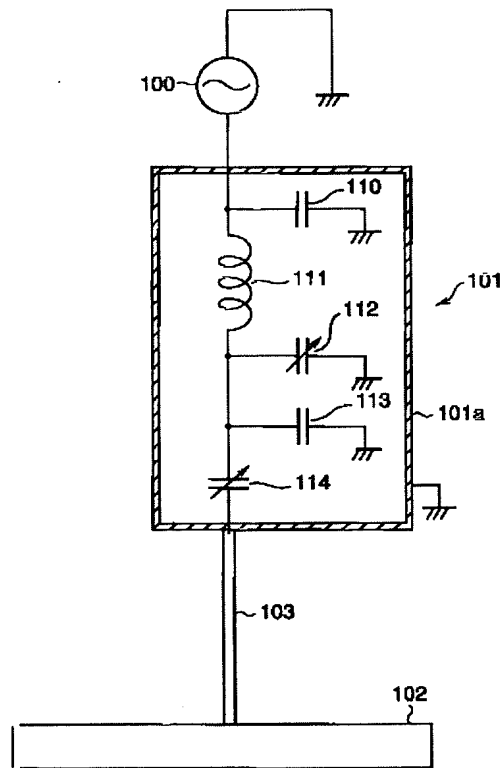
【図15】



【図17】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 湯浅 光博
東京都港区赤坂五丁目3番6号 東京エレクトロン株式会社内
(72)発明者 渡部 一良
埼玉県新座市畑中3丁目1番1号 株式会社東京ハイパワー内

(72)発明者 島田 淳一
埼玉県新座市畑中3丁目1番1号 株式会社東京ハイパワー内
Fターム(参考) 4K030 FA03 HA07 JA18 KA30 KA45
5F004 AA16 BA04 BA09 BB11 BB18
BB22 BB23 BB25 BB28 BC08